台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(3):255–265 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202309_72(3).0005

研究報告

不等滲調處理濃度對不同品種砧木茄子種子在低溫發芽之影響

陳怡菁[1] 楊純明[2,3,4] 邱凱瑩[5,*]

摘要

陳怡菁、楊純明、邱凱瑩。2023。不等滲調處理濃度對不同品種砧木茄子種子在低溫發芽之影響。台灣農業研究 72(3):255–265。

前人研究顯示，生長調節劑或滲調化學物質，如水楊酸鹽 (salicylic acid; SA)，可利用於種子滲調處理，以提高發芽百分比與整齊度與縮短發芽所需時間，甚至於誘導產生耐抗生物性與生物性逆境之生長表現。本試驗即在於利用不等濃度 SA 溶液滲調處理砧木茄子 ‘A105’ 與 ‘A108’ 兩品種之種子，在 15℃低溫環境下探討其處理效果俾於未來應用。根據試驗結果，品種 ‘A105’ 在無 SA 處理下之對照組 (control check; CK) 種子發芽百分比 (germination percentage; GP) 達 98.67%，不等濃度 SA 溶液處理後未再顯著提高 GP。‘A108’ 品種之 CK 種子 GP 僅 74.67%，不等濃度 SA 溶液滲調處理後 GP 皆大幅提升，然處理濃度間無顯著差異。平均發芽時間 (mean germination time; MGT) 在兩品種皆因 SA 滲調處理有顯著縮短，‘A105’ 在 0.01 mM 濃度處理下由 CK 的 8.78 d 縮短為 5.72 d，‘A108’ 在 0.05 mM 處理下由 CK 的 11.99 d 縮短為 8.97 d。‘A105’ 無論是否滲調處理，種子在浸水後即快速吸水 (water absorption; WA) 直至 12 h 達到飽和點，各種滲調處理與 CK 之間在前 72 h 未有顯著差異，且至 72 h 後皆有第二波快速吸水量現象。‘A108’ 亦在約 12 h 達到飽和點，然各滲調處理與 CK 之間未有差異，且直至 120 h 仍未出現顯著第二波快速吸水。‘A105’ 之 CK 種子滲漏電導度值 (electrical conductivity; EC) 在浸水後快速升高，經 SA 處理後則明顯降低。‘A108’ 之 CK 種子在浸水後的 EC 緩慢上升，至 6 h 後就開始下降，經 SA 處理後的 EC 幾乎皆高於 CK。‘A105’ 之 CK 種子可溶性蛋白質 (soluble protein; SP) 含量在浸水第 1 日後即明顯增加，第 3 日起又有第二波的上升，滲調處理之種子則可緩升直至第 7 日。‘A108’ 之 CK 種子 SP 在浸潤後 1 d 才開始增加，直至第 7 日，經 SA 處理後則可在第 1 日內即快速增加，隨後緩升至第 7 日。綜合試驗結果，SA 滲調處理對於參試茄子品種之種子發芽有正面促進效果，包括提高 GP、縮短 MGT、加快 WA、酌予降低滲漏 EC 及增加 SP 等性狀，然而品種間表現存在差異。

關鍵詞：滲調處理、水楊酸、砧木茄子、種子發芽、低溫。

前言

由於果實含有豐富的營養物質，包括碳水化合物、蛋白質、礦物質及低度熱量，茄子 (*Solanum* spp.) 受到世界各地消費者普遍的歡迎，栽培分布廣泛 (Xiao 2018)，為全球第五大重要經濟茄科作物，次於馬鈴薯、番茄、胡椒及煙草，年產 5,200 萬公噸以上，尤以亞洲地區的生產面積最高 (Aly *et al*. 2019)。依農業部農業統計年報顯示，台灣 2021 年茄子栽植面積為 1,323 ha，生產量為 35,344 Mg，種苗需求近 55 kg (https://agr.afa.gov.tw/afa/afa_

收件日期：2023 年 2 月 13 日；接受日期：2023 年 5 月 3 日。
* 通訊作者：cky@mdu.edu.tw
[1] 明道大學智慧暨精緻農業學系計畫專任助理。台灣 彰化縣。
[2] 明道大學智慧暨精緻農業學系客座教授。台灣 彰化縣。
[3] 明道大學智慧暨精緻農業學系講座教授。台灣 彰化縣。
[4] 明道大學智慧農業研究中心主任。台灣 彰化縣。
[5] 明道大學智慧暨精緻農業學系教授。台灣 彰化縣。

frame.jsp)。為期產量與品質的不斷提升，茄子植株初期的健康生長乃重要基石，因此業者莫不積極致力於生產優良品質種子與健壯種苗，同時謀求搭配的種子處理技術來提高種子發芽比例與苗株活力 (Medeiros *et al*. 2015)，尤其處於相對的逆境情況 (如低溫或高溫)。

茄子烹煮的餐食在台灣受到許多民眾喜愛，成為夏秋季的重要蔬菜之一，同時也是可作為砧木之茄科作物。由於生長季節常有低溫情境，性喜溫暖氣候的茄子處於低於 15℃的逆境時，會產生發芽障礙徵狀 (如水分吸收遲緩、發芽與出苗緩慢、發芽不整齊及成苗率降低等)，甚至產生畸型苗或降低幼苗生長 (Marcos Filho 2015)。除上述秋冬季情形外，台灣高溫多濕的夏季亦易引發青枯病，使得種苗品質不良而影響幼株生長。據此，可提高發芽表現與活力的種子處理方法，常為研究主題與業者殷切需求的技術。

萌發是種子生命週期中初始的重要過程，係一系列複雜的生理與生化現象，依照種子遺傳組成、周遭環境及栽培管理而有不同的發芽行為，甚至於受到當批種子活力、溫度及時間等因素影響。常用促進種子發芽的滲調處理 (osmoregulation or osmotic treatment) 屬於添加滲調物質的化學性處理，在於維持穿過生物體細胞膜鹽分與水分平衡之溶質調節 (osmotic adjustment)，包含水、電解質及非電解質分子在內，進而調節種子生理代謝機能而有助於發芽 (Bewley 1997; Paparella *et al*. 2015)。通常滲調處理多在適當溫度與濕度條件讓種子吸收水分，種子內細胞經水合的物理過程後，生理生化機制被誘導，代謝活性增加，然而可逆的發芽觸發卻被隨後的乾燥處理抑制 (Hussain *et al*. 2016)。仍然存活的乾燥種子蓄勢待發，可在不久之後的有利環境下重新水合並開始發芽 (Heydecker & Gibbins 1978; Singh *et al*. 2020)。經過特殊滲調物質處理的種子，則可能在較短時間內吸收水分，提前完成發芽歷程 (Heydecker & Gibbins 1978; Bewley 1997; Singh *et al*. 2020)。滲調另可誘導細胞膜的修補作用，細胞膜對生物生長甚為重要，受到損害時易導致細胞物質滲漏，藉由滲調處理則可修復細胞膜、延緩細胞膜老化、提高種子活力及萌發 (Wojtyla *et al*. 2016)。

滲調處理功效可能與蛋白質、植物激素 (如赤黴素、乙烯及生長素)、非酶促過程、種子年齡、種子大小及種子的結構成分影響等因子有關 (Balestrazzi *et al*. 2011; Uçarlı 2020)。但是，種子滲調處理受多種因素影響，諸如種子類型、種子含水量、溫度、光照、水合持續時間、處理劑量、通風及乾燥等方式；而誘導種子發芽的條件，則包含滲透劑、溶液的滲透勢、溫度、時間及溶液通氣性等 (Uçarlı 2020)。Ruttanaruangboworn *et al*. (2017) 指出不同濃度硝酸鉀溶液之滲調處理，對種子吸脹與萌發模式產生影響，同時觀察到由於滲透勢降低到一定程度會限制種子的吸水能力，從而對發芽所需養分的提供產生不利影響，阻礙種子吸收而導致發芽時間增加。Lee *et al*. (2016) 以 15% 濃度的聚乙二醇滲調處理茄子種子 3 d，有效提高種子發芽勢、發芽率及平均發芽時間；若以 10.0 μg mL^{-1} 水楊酸處理龍鬚菜 (*Gracilariopsis lemaneiformis*)，則可有效提高其生長速率，比對照組增加了 34.0%。滲調處理常用於洋蔥、芹菜及番茄等不同的蔬菜種子，可提高種子的整體發芽特性 (Paparella *et al*. 2015)；且在逆境下，種子經滲調處理的效果更為顯著 (Ibrahim 2016)。

水楊酸 (salicylic acid; SA) 是一種天然、水溶性且非酶型之酚類抗氧化劑，也是一種植物激素。其通過形態、生理及生化機制，具有參與植物防禦各種生物與非生物逆境的重要作用，而且作為重要的信號分子，SA 亦可調節植物對於包括鹽度在內的非生物逆境反應 (Farooq *et al*. 2013; Umebese & Bankole 2013; Azeem *et al*. 2019)。Arfan *et al*. (2007) 指出 SA 涉及養分吸收與轉運、水分與氣孔調節以及抗氧化防禦，可作為內源性植物生長調節劑，對植物生長、植物的根系及發育均有促進作用。目前研究顯示，SA 對小麥幼苗的碳水化合物含量具顯著影響，促使植物的多醣與可溶性糖含量增加 (Luo *et al*. 2014)。在鹽分逆境下，植物通過有機酸 (如 SA、抗壞血酸及檸檬酸) 誘導蛋白酵素增加游離氨基酸含量，使蛋白質含量下降，有助於耐鹽機制與改善鹽害的影響 (Agati & Tattini 2010; Ali *et al*. 2012; Umebese & Bankole 2013; Azeem *et al*. 2019)，亦

可提高代謝效率或直接作用於代謝途徑，從而適應非生物逆境 (Agostini *et al*. 2013)。Aly *et al*. (2019) 指出使用 SA 可改變各種生理功能，來增強茄子的種子發芽與幼苗活力。Habibi (2012) 發現施用 500 μM SA，可減輕水分逆境對大麥植物的影響。但是，SA 卻會阻礙西瓜種子的發芽，延長種子的發芽時間與幼苗生長 (Silva *et al*. 2014)。

為利於在地茄子產業的持續發展，本試驗以 SA 為滲調物質來究明使用於茄子種子的可行性與合適的處理方法。試驗採用砧木型茄子種子為材料，經以 SA 不同濃度與時間處理後置於 15℃低溫環境，以調查種子萌發情形與處理效果，並探討多項種子生理反應之改變。

材料與方法

本試驗之砧木型茄子 ‘A105’ 與 ‘A108’ 品種種子購自瑞成種苗有限公司 (台灣台中市)，將種子分置入聚乙烯 (polyethylene) 夾鏈袋後包裹於牛皮紙袋內，並保存於 4℃冰箱待用。種子在發芽試驗前，先進行種子的滲調處理。

種子滲調處理

從 4℃冰箱中取出預先準備之試驗種子，以 SA 溶液進行浸潤處理，溶液分為 0.01、0.05、0.1 及 0.5 mM 等 4 種不等濃度，每處理 3 重複，每重複 50 粒種子，另以未做任何 SA 處理為對照組 (control check; CK)。由於預備試驗中發現 ‘A105’ 種子浸潤超過 6 h 即發芽，而 ‘A108’ 種子在超過 48 h 以後才會發芽，因此將 ‘A105’ 種子浸潤時間設定為 6 h，‘A108’ 種子浸潤時間設定為 48 h。處理組種子經 SA 溶液處理後，以逆滲透 (reverse osmosis; RO) 水清洗，再移入 35℃烘箱予 48 h 回乾，以此經過回乾的種子，作為後續發芽試驗的材料。

種子發芽試驗

以前述經過不等 SA 濃度處理過的回乾種子為發芽試驗處理組，未做任何 SA 處理的種子為對照組 (CK)，合計 5 種處理進行發芽試驗。每種處理 50 粒種子，3 重複。採紙間法實施發芽試驗，以 2 層濾紙 (Advantec 定性濾紙，1 號，90 mm；Advantec, Tokyo, Japan) 為發芽介質，將種子置於其上，然後再於上方覆蓋 1 層濾紙，加入適量的 RO 水，以保持飽和濕度。將置於發芽皿浸潤之種子，置於 15℃恆溫生長箱 (LBR-575, LIAN SHAN, Biological Trading, Taichung, Taiwan)，觀察與調查以下各項種子發芽性狀，並逐一記錄。

發芽百分比 (germination percentage; GP)

在 14 d 內逐日調查 15℃恆溫生長箱中發芽期間的發芽種子總數 (X)，計算 X 占發芽處理種子總數 (N) 之百分比 (%)，公式：$GP = (X/N) \times 100\%$。

平均發芽時間 (mean germination time; MGT)

將各日數記載之發芽種子數與日數以 Ellis & Roberts (1980) 之公式計算平均發芽時間，單位為日 (day; d)，公式：$MGT = \Sigma fn/N$。其中，f：播種後第 d 日發芽種子數，n：播種後之日數，N：發芽處理之種子總數。

吸水量 (water absorption; WA)

各種處理另取 20 粒種子，3 重複，秤其原始重量 (W0) 後，以濾紙作為浸潤介質加入 RO 水進行浸潤。經過不同時間下取出浸潤種子，秤其每次時間取出的種子重量 (Wi)，扣除浸潤前的種子原始重量後，估算單位時間內的吸水含量 (g)，並將不同時間之水分含量 (Wn) 變化繪製成曲線圖，公式：$Wn = Wi - W0$。

滲漏電導度 (electrical conductivity; EC)

各種處理另取 20 粒種子，3 重複，量測滲漏 EC。將 20 粒種子置於離心管中加入 20 mL 的 RO 水，在 25℃浸水，經過不同時間 (0、2、4、6、8、12、24 及 48 h) 以電導度計 (Horiba LAQUA DS-71, The Labware House, New Plymouth, New Zealand) 讀取其 EC 值 ($\mu S\ cm^{-1}$)。

可溶性蛋白質 (soluble protein; SP) 測定

種子 SP 含量之測定參考 Bradford (1976) 之方法，取 5 粒種子以 2 mL 磷酸鈉緩衝液 (sodium phosphate buffer, 50 mM, pH 6.8) 研磨均質。在 4℃下以 5,550 ×*g* 離心 20 min。取 20 μL 之上清液注入試管，加入 5 mL 蛋白質

染劑染料鈉 (dye sodium)，震盪均勻後靜置約 10 min。再以分光光度計 (T60 spectrophotometer, PG Instruments, Lutterworth, UK) 測定 595 nm 波長之吸光值。標準曲線之製作，係取小牛血清蛋白 (bovine serum albumin; BSA) (Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA) 1 mg 溶於 1 mL RO 水作為標準樣品，再於試管中各分別添加 10、30、50 及 70 µL 之不同量標準樣品，然後讀取位於 595 nm 之吸光值繪製。

本試驗利用預備試驗結果，特別選用發芽表現存有差異的 2 種砧木茄子品種 ‘A105’ 與 ‘A108’ 參試。試驗數據之統計分析，係使用統計分析軟體 Minitab 19.0 Statistical Software (Minitab, State College, PA, USA)。發芽試驗各調查性狀 (參數) 之操作實用性評估，先分別進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，若不同濃度 SA 處理間差異顯著，再以最小顯著差異 (Fisher's Least Significant Difference; LSD) 檢定法比較各處理時間平均值之差異，統計顯著性以 $P < 0.05$ 為標準。科學統計繪圖軟體 SigmaPlot 14.0 版 (Systat Software, San Jose, CA, USA) 則使用於統計繪圖。

結果與討論

不等 SA 酸濃度之滲調處理對種子 GP 與 MGT 之影響

當種子播種或育苗前，為期打破休眠或使其發芽整齊，經常選用生長調節劑 (如激勃素) 或滲調化學物質 (如 SA 或亞磷酸鉀) 施予滲調處理，以提高種子的 GP 與整齊度並縮短發芽所需時間，甚至於誘導產生植物對抗入侵的病原菌與增強植株防病能力 (Ibrahim 2016; Wojtyla *et al*. 2016; Zhang *et al*. 2017)。滲調處理亦可促進種子發芽與對逆境的耐受性，滲調回乾貯藏時間雖然有長有短，但種子仍保存滲調處理所誘發的反應能力，可在未來發芽時與幼苗階段表現 (Wojtyla *et al*. 2016)。

本研究利用 SA 滲調處理砧木茄子 ‘A105’ 與 ‘A108’ 兩品種之種子，以調查對種子發芽行為的促進效果。根據試驗結果，茄子品種 ‘A105’ 種子之 CK 的 GP 高達 98.67%，經過不等 SA 濃度溶液處理後，0.01 mM 濃度處理可進一步增加 0.66%，惟與 CK 相較並無顯著差異。‘A108’ 之 CK 的 GP 僅有 74.67%，經過 4 種不等 SA 濃度溶液滲調處理後，GP 比皆顯著提升，然不等處理濃度之間無顯著差異 (圖 1)。

在 MGT 的試驗結果，‘A105’ 品種之 CK 種子為 8.78 d，經滲調處理可顯著縮短 MGT，尤以 0.01 mM 濃度處理有最短 GMT 為 5.72 d。‘A108’ 品種之 CK 種子 GMT 為 11.99 d，在 0.05 mM 處理下之 MGT 縮短為 8.97 d (圖 1)。由此顯示 SA 的滲調處理具有縮短發芽時間效果，然品種間表現存有差異。

在各種化學方法中，滲調處理應用在種子發芽上，以不同方法、時間及溶液濃度處理所得到的結果不盡相同。SA 歸屬於植物生長調節劑，為一種天然酚類化合物，可利用於調控植物對各種非生物性逆境的耐受能力，然而隨著滲調浸種或植株葉面噴施等不同處理方法，在調控種子萌發、植株生長及對逆境 (如低溫與鹽分) 耐受性等方面可能會有不同結果。根據本試驗結果，茄子 ‘A105’ 品種之種子 GP 在處理組與 CK 之間無顯著差異；而 ‘A108’ 品種之種子則在處理組與 CK 之間呈現較大差別，顯示低發芽百分比之 ‘A108’ 品種，對於 SA 的滲調處理有明顯促進反應。然而，由於不同濃度 SA 之間未有差異，其對於 ‘A108’ 之 GP 促進效果是否在於水分子，或僅需低濃度之 SA 即可達到相當的發芽促進，則可於未來進一步探討。

‘A105’ 之種子 MGT 在 0.01 mM 低濃度下有最佳的效果，但 MGT 隨著濃度上升反而被延長；‘A108’ 之種子亦在 0.05 mM 較低濃度下達到最短 MGT (圖 1)。因此，參試兩茄子品種之種子，在浸潤於較低濃度的 SA 中，可獲得較短的 MGT，這可能是由於在低濃度下有利於種子水合與萌發的啟始，促使種子可以快速發芽而縮短 MGT。當濃度太高時，由於滲透勢 (osmotic potential) 下降而影響種子吸水力，從而導致發芽延遲與 MGT 延長。

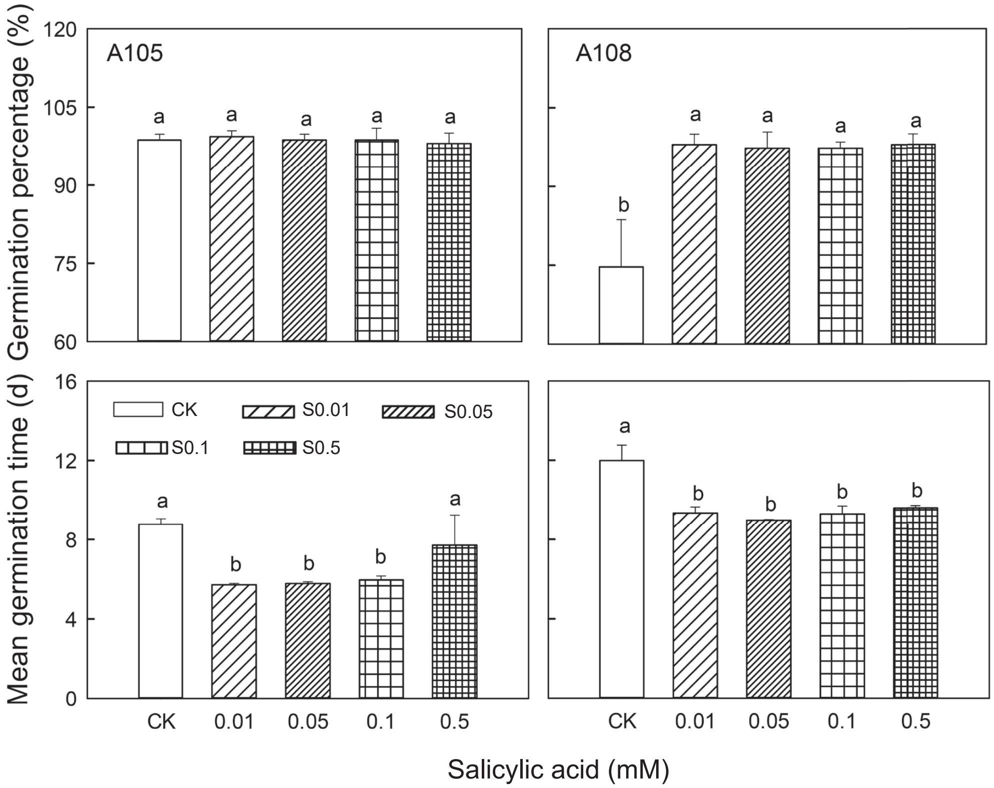

圖 1. 砧木茄子品種 'A105' 與 'A108' 種子，在水楊酸 (salicylic acid; SA) 滲調處理濃度 0.01、0.05、0.1 及 0.5 mM 下，對種子發芽百分比與平均發芽時間之影響。CK (對照組)、水楊酸濃度 0.01 mM (S0.01)、0.05 mM (S0.05)、0.1 mM (S0.1) 及 0.5 mM (S0.5)。當不同濃度 SA 溶液處理單因子變異數分析 (ANOVA) 有顯著差異時，繼而進行 SA 處理之間的最小顯著差異 (LSD) 檢定。

Fig. 1. Effects of osmotic treatments with different of concentrations of salicylic acid at 0.01, 0.05, 0.1 and 0.5 mM on seed germination percentage and mean germination time of rootstock eggplant cultivars 'A105' and 'A108'. CK, control check; salicylic acid concentrations, S0.01–0.01 mM, S0.05–0.05 mM, S0.1–0.1 mM, and S0.5–0.5 mM. When there were significant differences in one-way analysis of variance (ANOVA) of different concentrations of SA solutions, the least significant difference (LSD) test between SA treatments was then carried out.

Singh (2020) 亦指出以 NaCl 滲調處理鷹嘴豆時，在較低濃度與短時間處理下可增加種子吸水率 (量)，其原因係因滲透調節能力的提升與代謝物質的啟動。然而，當滲透勢低於一定程度時，則會限制種子吸水能力，從而導致吸水時間增加。本試驗有類似結果，故欲以化學物質 (如 SA) 溶液進行滲調處理時，宜釐清適當的濃度，才能有效改善種子發芽，成為方便、快速及低成本的種子滲調處理技術。在過氧化氫 (H_2O_2) 的研究上，雖然是一種具有腐蝕性的化合物，惟如以適當濃度處理種子，可增加種皮的通透性而提升種子的呼吸強度、酵素的活性，加速種子內部生理生化反應，從而促進種子內含物質的代謝並提高種子萌發 (Zhang *et al*. 2017)。

不等 SA 濃度之滲調處理對種子 WA 與滲漏 EC 之影響

試驗發現高 GP 的 'A105' 品種種子，無論是否滲調處理，種子在浸水後即快速吸水直至 12 h 達到飽和點，而且各種滲調處理與 CK 之間在前 72 h 未有顯著差異；至 72 h 後，滲調處理與 CK 之種子皆有第二波快速吸水現象發生，然滲調處理種子有較高的 WA。'A108'

品種之種子 WA 在滲調處理與 CK 之間未有差異，皆在約 12 h 達到飽和點，然直至 120 h WA 仍未出現第二波快速吸水 (圖 2)。

在滲漏 EC 的試驗結果上，‘A105’ 種子之 CK 測值在浸水後快速升高，顯示種子內部溶質快速滲漏出來；然而相較於 CK，經過 SA 酸滲調處理之種子滲漏 EC 值明顯的降低。‘A108’ 種子之 CK 在浸水後的滲漏 EC 值緩慢上升，至 6 h 後就開始下降；經過 SA 滲調處理後，各種處理之滲漏 EC 值幾乎皆高於 CK，僅 0.5 mM 濃度處理的滲漏 EC 值低於 CK，直到 24 h 後才緩慢提升 (圖 2)。

一般乾燥的種子在有利條件下接觸水分時，水分可快速滲入種子內部，此時期種皮滲透性係大多數種子是否能夠有效吸水的核心，不同種皮形態將有不同的發芽特徵。當吸水率與種子大小的變化開始停滯時，發芽的種子就會進入吸水的下個階段，此期間水分含量維持穩定，但持續時間可能有很大差別 (Weitbrecht *et al*. 2011)。本試驗的 ‘A105’ 品種種子在浸潤後，無論是否滲調處理，種子即快速吸水至 12 h 達到飽和點，且在 72 h 出現第二波快速吸水現象；但 ‘A108’ 品種種子之 WA，在滲調處理與 CK 之間未有顯著差異，又在 12 h 達到飽和點，且至 120 h 仍未出現第二波快速吸水。據此推測，參試兩茄子品種的 WA 差別，最可能原因在於種皮構造上的差異所致 (Chen *et al*. 2023)，‘A105’ 種子的種皮厚度與組織

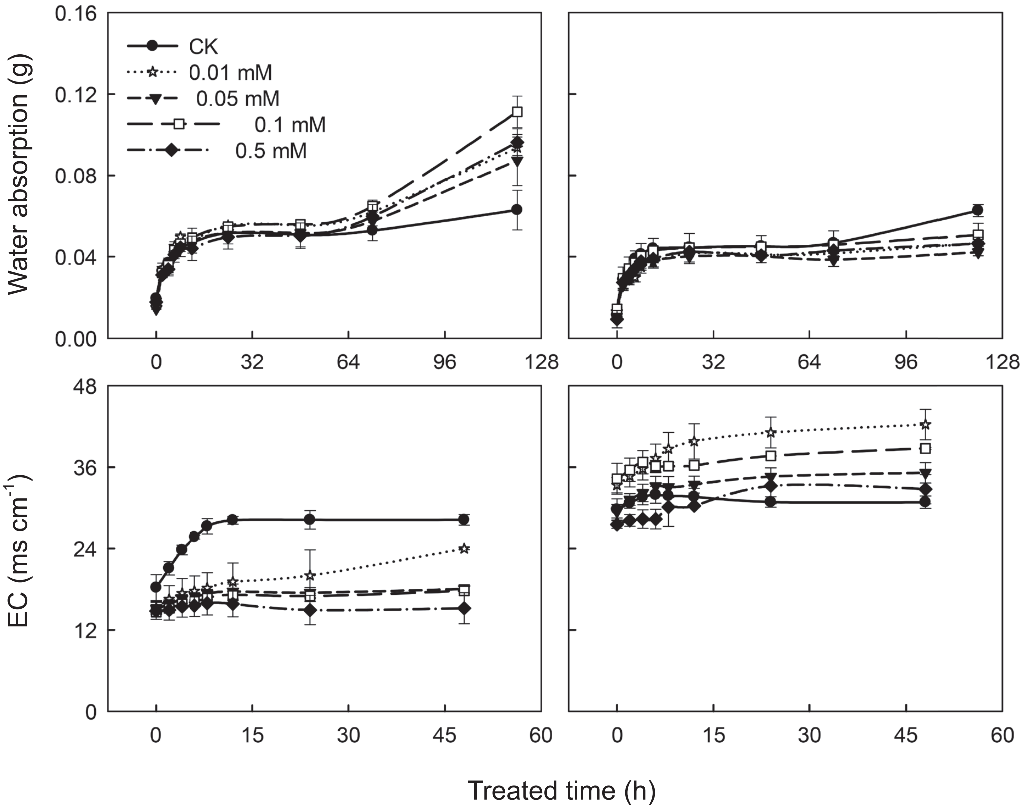

圖 2. 砧木茄子品種 ‘A105’ 與 ‘A108’ 種子，在水楊酸滲調處理濃度 0.01、0.05、0.1 及 0.5 mM 下，對種子吸水量 (WA) 與滲漏電導度 (EC) 之影響。CK：對照組 (●)；水楊酸不同濃度分為 0.01 mM (☆)、0.05 mM (▼)、0.1 mM (□) 及 0.5 mM (◆)。

Fig. 2. Effects of osmotic treatments with different of concentrations of salicylic acid at 0.01, 0.05, 0.1 and 0.5 mM on water absorption (WA) and leakage electrical conductivity (EC) of rootstock eggplant cultivars ‘A105’ and ‘A108’. CK, control check; salicylic acid concentrations, S0.01–0.01 mM, S0.05–0.05 mM, S0.1–0.1 mM, and S0.5–0.5 mM.

細密度可能低於 ‘A108’ 種子，使其種子能夠快速吸收水分而利於發芽與縮短發芽時間。

在油菜種子的研究發現，滲調處理對 2 個油菜品種種子發芽與幼株生長造成影響，可增加活性氧 (reactive oxygen species; ROS) 酵素的產生 (Zhang *et al*. 2017)。在乾旱逆境下，由於生物膜調節離子運輸能力的喪失，造成大豆種子的電解質滲漏增加，滲調處理透過提高膜穩定性而有助於膜修復系統，使得萌發的種子具有較低的 EC 值 (Chowdhury *et al*. 2017)。Shan *et al*. (2021) 試驗以聚乙二醇作為滲調溶劑，發現可加速種子膜系修復並降低吸脹作用，從而保護細胞膜系統抑制快速吸水造成的膜破裂，減少物質滲漏、提高種子發芽率與活性，並增加抗逆性。Weitbrecht *et al*. (2011) 指出，種子最初的吸水通常伴隨著細胞溶質的大量滲漏，雖然滲漏可降低種子內的抑制物質濃度來加速發芽，卻也快速進行水合作用導致膜與細胞受損的徵狀。本試驗在品種 ‘A105’ 種子發現，CK 的滲漏 EC 值在浸潤後快速升高，顯示種子內部溶質快速滲漏出來，經過水楊酸滲調處理之種子滲漏 EC 值則明顯的降低。在品種 ‘A108’ 種子，CK 浸水後的滲漏 EC 值緩慢上升，至 6 h 就開始下降；經過 SA 滲調處理後，滲漏 EC 值皆比 CK 高，僅 0.5 mM 濃度處理的滲漏 EC 值低於 CK，直到 24 h 後才緩慢提升。由此現象再次推測，‘A108’ 種子可能具有較厚的種皮與較細密的種皮組織，使其滲漏 EC 值與發芽表現皆低於 ‘A105’ 種子。

不等 SA 濃度之滲調處理對種子 SP 含量之影響

茄子品種 ‘A105’ CK 之種子 SP 在浸水第 1 日後即明顯增加，第 3 日起又有第二波的上升；經滲調處理之種子 SP 含量在第 1 日亦快速升高，隨後呈現緩慢上升趨勢直至第 7 日。‘A108’ 種子之 CK 的 SP 在浸潤後 1 d 才開始增加，直至浸潤後第 7 日；經過不等濃度 SA 溶液處理後，種子 SP 在第 1 日內即快速增加，隨後緩慢的上升至第 7 日，尤其以 0.01 mM 濃度有較高的上升幅度 (圖 3)。

種子儲存的蛋白質，係種子在形成過程中合成的，作為未來種子發芽過程中需用的硫與氮的營養來源，它們的積累根據土壤中養分的可用性而變化 (Tabe *et al*. 2002; Shaban 2013)。經過 SA 滲調處理的種子，不僅誘導幼苗中磷 (P) 含量的增加，在種子滲調期間還可觀察到 α-澱粉酵素活性與糖含量之間存在顯著的正相關性 (Farooq *et al*. 2013)。在小麥種子的 SA 滲調試驗結果顯示，1.0 mM 濃度處理的發芽率優於 0.5 mM 濃度，另可有效提高總葉綠素、蛋白質、酚類及可溶性糖，而且在鹽分逆境下經 SA 滲調處理可以有效提高發芽率。Farooq *et al*. (2013) 指出，SA 會誘導發芽種子中的代謝與生化反應變化，包括營養同化物的水解與滲調萌發或激活打破休眠相關的酵素在內。

本試驗將茄子品種 ‘A105’ 種子經過不等濃度 SA 滲調處理後，發現 CK 之 SP 含量在第 7 日出現高峰值，滲調處理之 SP 含量則在第 1 日快速上升，隨後呈現平穩緩升直至第 7 日。品種 ‘A108’ 種子經過不等濃度 SA 滲調處理後，以濃度 0.1 mM 與 0.5 mM 處理的 SP 含量緩步上升，至第 3 日達到最大高峰值，隨後即漸次下降。其餘濃度處理與 CK 則先快速上升至第 3 日，然後平緩增加到第 7 日。由此顯示，茄子品種間之種子 SP 含量對於不等濃度 SA 的滲調處理存在差異反應，‘A105’ 之種子對於 0.05 mM 以上之 SA 濃度處理反應較佳；‘A108’ 之種子 SP 含量則在 0.01 mM 低濃度 SA 處理下有較快速的增加。

結論

生長調節劑或滲調化學物質 (如水楊酸鹽) 常被利用於種子的滲調處理，以提高 GP 與整齊度並縮短發芽所需時間，甚至於誘導產生耐抗生物性與生物性之生長表現。本研究利用不等 SA 酸溶液滲調處理茄子 ‘A105’ 與 ‘A108’ 兩品種之種子，發現品種 ‘A105’ 種子之 CK 的 GP 已高達 98.67%，因此經過不等 SA 濃度溶液處理後，未再顯著提高發芽百分比。品種 ‘A108’ 種子之 CK 的 GP 僅有 74.67%，經過本試驗不等 SA 濃度溶液滲調處理後，GP 皆大幅提升，然不等處理濃度之間無顯著差

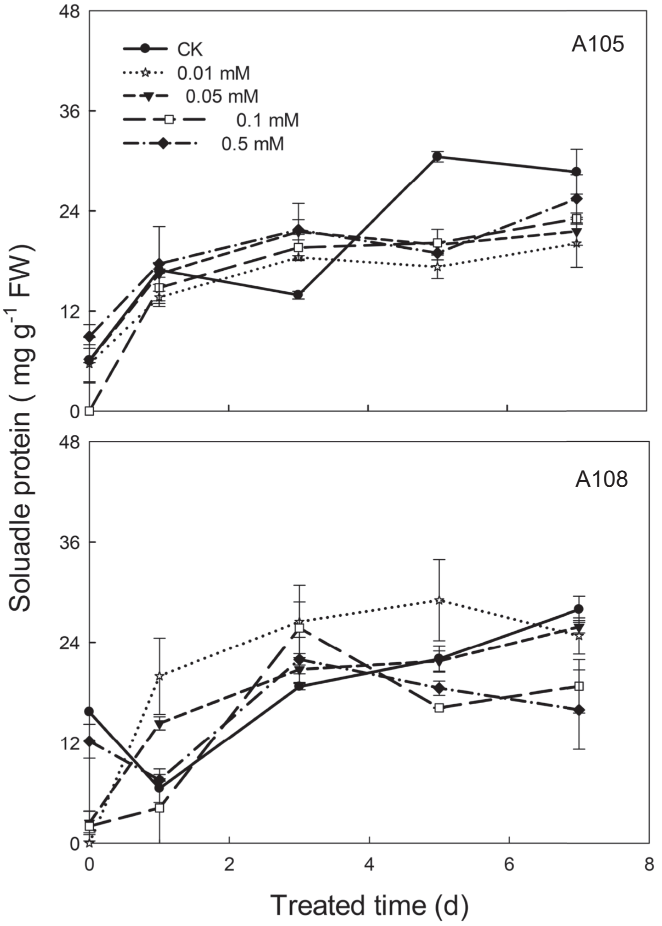

圖 3. 砧木茄子品種 ‘A105’ 與 ‘A108’ 種子，在水楊酸滲調處理濃度 0.01、0.05、0.1 及 0.5 mM 下，對種子可溶性蛋白質含量之影響。CK：對照組 (●)；水楊酸不同濃度分為 0.01 mM (☆)、0.05 mM (▼)、0.1 mM (□) 及 0.5 mM (◆)。

Fig. 3. Effects of osmotic treatments with different of concentrations of salicylic acid at 0.01, 0.05, 0.1 and 0.5 mM on seed soluble protein content of rootstock eggplant cultivars ‘A105’ and ‘A108’. CK, control check; salicylic acid concentrations, S0.01–0.01 mM, S0.05–0.05 mM, S0.1–0.1 mM, and S0.5–0.5 mM.

異。MGT 在兩品種皆因為 SA 的滲調處理而有顯著縮短，‘A105’ 在 0.01 mM 濃度處理下由 CK 的 8.78 d 縮短為 5.72 d，‘A108’ 在 0.05 mM 處理下由 CK 的 11.99 d 縮短為 8.97 d，顯示品種間存有差異。‘A105’ 無論是否滲調處理，種子在浸水後即快速吸水直至 12 h 達到飽和點，各種滲調處理與 CK 之間在前 72 h 未有顯著差異，且至 72 h 後皆有第二波快速 WA 現象。‘A108’ 亦在約 12 h 達到飽和點，然各滲調處理與 CK 之間未有差異，惟直至 120 h WA 仍未出現第二波快速吸水。‘A105’ CK 之種子滲漏 EC 值在浸水後快速升高，經 SA 滲調處理則明顯的降低。‘A108’ CK 在浸水後的種子滲漏 EC 值緩慢上升，至 6 h 後就開始下降，經過 SA 滲調處理後滲漏 EC 值幾乎皆高於 CK。‘A105’ CK 之種子 SP 在浸水第 1 日後即明顯增加，第 3 日起又有第 2 波的上升，滲調處理之種子則可緩慢上升直至第 7 日。‘A108’ CK 之 SP 在浸潤後 1 d 才開始增加，直至浸潤後第 7 日，經不等濃度 SA 溶液處理後則可在第 1 日內即快速增加，隨後緩慢的上升至第 7 日。綜合試驗結果，SA 溶液的

滲調處理確實對於參試茄子品種之種子發芽有正面促進效果，包括提高 GP、縮短 MGT、加快 WA、酌予降低滲漏 EC 值及增加 SP 含量等性狀。然而，品種間表現存在差異，推測肇因於種皮厚度與組織細密程度，如本系列研究 Chen *et al*. (2023) 試驗結果所揭示原因。

引用文獻

Agati, G. and M. Tattini. 2010. Multiple functional roles of flavonoids in photoprotection. New Phytol. 186:786–793. doi:10.1111/j.1469-8137.2010.03269.x

Agostini, E. A. T., N. B. Machado-Neto, and C. C. Custódio. 2013. Induction of water deficit tolerance by cold shock and salicylic acid during germination in the common bean. Acta Scientiarum Agron. 35:209–219. doi:10.4025/actasciagron.v35i2.15967

Ali, A., N. Iqbal, F. Ali, and B. Afzal. 2012. *Alternanthera bettzickiana* (Regel) G. Nicholson, a potential halophytic ornamental plant: Growth and physiological adaptations. Flora. 207:318–321. doi:10.1016/j.flora.2011.12.002

Aly, A. M., N. Eliwa, and M. H. AbdEl-Megid. 2019. Stimulating effect of gamma radiation on some active compounds in eggplant fruits. Egypt. J. Rad. Sci. Applic. 32:61−73. doi:10.21608/ejrsa.2019.10024.1066

Arfan, M., H. R. Athar, and M. Ashraf. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? J. Plant. Physiol. 164:685–694. doi:10.1016/j.jplph.2006.05.010

Azeem, M., M. Qasim, M. W. Abbasi, Tayyab, R. Sultana, M. Y. Adnan, and H. Ali. 2019. Salicylic acid seed priming modulates some biochemical parameters to improve germination and seedling growth of salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Bot. 51:385–391. doi:10.30848/PJB2019-2(1)

Balestrazzi, A., M. Confalonieri, A. Macovei, and D. Carbonera. 2011. Seed imbibition in *Medicago truncatula* Gaertn: Expression profiles of DNA repair genes in relation to PEG-mediated stress. J. Plant Physiol. 168:706–713. doi:10.1016/j.jplph.2010.10.008

Bewley, J. D. 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell 9:1055–1066. doi:10.1105/tpc.9.7.1055

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248–254. doi:10.1006/abio.1976.9999

Chen, Y. J., C. M. Yang, and K. Y. Chiu. 2023. Effects of different intensities and time treatments of high-voltage electrostatic field on the seed germination of varied varieties of rootstock eggplant. J. Taiwan Agric. Res. 72:237–254. (in Chinese with English abstract)

Chowdhury J. A., M. A. Karim, Q. A. Khaliq, A. U. Ahmed, and A. M. Mondol. 2017. Effect of drought stress on water relation traits of four soybean genotypes. SAARC J. Agric. 15(2):163–175. doi:10.3329/sja.v15i2.35146

Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Ann. Bot. 45:13–30. doi:10.1093/oxfordjournals.aob.a085797

Farooq, M., M. Irfan, T. Aziz, I. Ahmad, and S. A. Cheema. 2013. Seed priming with ascorbic acid improves drought resistance of wheat. J. Agron. Crop Sci. 199:12–22. doi:10.1111/j.1439-037X.2012.00521.x

Habibi, G. 2012. Exogenous salicylic acid alleviates oxidative damage of barley plants under drought stress. Acta Biol. Szeged. 56:57–63.

Heydecker, W. and B. M. Gibbins. 1978. Attempts to synchronise seed germination. Acta. Hortic. 72:79–92. doi:10.17660/ActaHortic.1978.72.8

Hussain, S., F. Khan, H. A. Hussain, and L. Nie. 2016. Physiological and biochemical mechanisms of seed priming-Induced chilling tolerance in rice cultivars. Front. Plant Sci. 7:116. doi:10.3389/fpls.2016.00116

Ibrahim, E. A. 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. J. Plant Physiol. 192:38–46. doi:10.1016/j.jplph.2015.12.011

Lee, T., H. Liu, H. Gi, Y. Chang, and L. Chu. 2016. Effects of osmotic priming with PEG on seed vigor and seedling physiological characteristics in eggplants. J. Agric. Univ. Hebei 39:14–18. (in Chinese with English abstract) doi:10.13320/j.cnki.jauh.2016.0052

Luo, Y. L., Z. L. Su, T. J. Bi, X. L. Cui, and Q. Y. Lan. 2014. Salicylic acid improves chilling tolerance by affecting antioxidant enzymes and osmoregulators in sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). Braz. J. Bot. 37:357–363. doi:10.1007/s40415-014-0067-0

Marcos Filho, J. 2015. Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas. 2nd ed. Abrates. Londrina, Brazil. 660 pp. (in Portuguese)

Medeiros, M. A, S. B. Torres, M. Z. Negreiros, and J. A. Madalena. 2015. Hydropriming and storage of melon seeds. Sem. Cienc. Agrar. 36:57–66. (in Portuguese with English abstract) doi:10.5433/1679-0359.2015v36n1p57

Paparella, S., S. S. Araújo, G. Rossi, M. Wijayasinghe, D. Carbonera, and A. Balestrazzi. 2015. Seed priming: State of the art and new perspectives. Plant Cell

Rep. 34:1281–1293. doi:10.1007/s00299-015-1784-y

Ruttanaruangboworn, A., W. Chanprasert, P. Thobunluepop, and D. Onwimol. 2017. Effect of seed priming with different concentrations of potassium nitrate on the pattern of seed imbibition and germination of rice (*Oryza sativa* L.). J. Integr. Agric. 16:605–613. doi:10.1016/S2095-3119(16)61441-7

Shaban, M. 2013. Biochemical aspects of protein changes in seed physiology and germination. Intl. J. Adv. Biol. Biom. Res. 1:885–898.

Shan, X., S. Zhang, H. Chen, R. Wang, E. Li, and J. Wang. 2021. Effect of PEG priming on seed germination and seedling physiological indexes in onion. J. North. Agric. 49(2):129−134. doi:10.12190/j.issn.2096-1197.2021.02.20

Silva, T. C. F. S., R. C. B. Silva, J. E. S. B. Silva, R. S. Santos, C. A. Aragão, and B. F. Dantas. 2014. Germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais. Sci. Plena 10(3):1–15. (in Portuguese)

Singh, P., A. Chatterjee, V. Bhatia, and S. Prakash. 2020. Application of laser biospeckle analysis for assessment of seed priming treatments. Comput. Electron. Agric. 169:105212. doi:10.1016/j.compag.2020.105212

Tabe, L., N. Hagan, and T. J. V. Higgins. 2002. Plasticity of seed protein composition in response to nitrogen and sulfur availability. Curr. Opin. Plant Biol. 5:212–217. doi:10.1016/s1369-5266(02)00252-2

Uçarlı, C. 2020. Effects of salinity on seed germination and early seedling stage. p.211–232. *in*: Abiotic Stress in Plants. (Fahad, S., S. Saud, Y. Chen, C. Wu, and D. Wang, eds.) IntechOpen. London, UK. 494 pp. doi:10.5772/intechopen.93647

Umebese, C. E. and A. E. Bankole. 2013. Impact of salicylic acid on antioxidants, biomass and osmotic adjustments in *Vigna unguiculata* L. Walp. during water deficit stress. Afr. J. Biotechnol. 12:5200–5207. doi:10.5897/AJB2013.12087

Weitbrecht. K, K. Müller, and G. Leubner-Metzger. 2011. First off the mark: Early seed germination. J. Exp. Bot. 62:3289–3309. doi:10.1093/jxb/err030

Wojtyla, Ł., K. Lechowska, S. Kubala, and M. Garnczarska. 2016. Molecular processes induced in primed seeds- Increasing the potential to stabilize crop yields under drought conditions. J. Plant Physiol. 203:116–126. doi:10.1016/j.jplph.2016.04.008

Xiao, D. 2018. Study on the pretreatment technology for eggplant seeds. Master Thesis. Northeast Agricultural University, Heilongjiang Province, China. 68 pp. (in Chinese)

Zhang, M., R. Dai, S. Zhang, and H. Jiang. 2017. Alleviation effects of seed soaking with H_2O_2 on seed germination in rape under low temperature stress. J. Nan-Jing Agric. Univ. 40:963–970. (in Chinese)

Effects of Different Concentrations of Osmotic Treatment on the Seed Germination of Varied Varieties of Rootstock Eggplant at Low Temperature

Yi-Jing Chen[1], Chwen-Ming Yang[2,3,4], and Kai-Ying Chiu[5,*]

Abstract

Chen, Y. J., C. M. Yang, and K. Y. Chiu. 2023. Effects of different concentrations of osmotic treatment on the seed germination of varied varieties of rootstock eggplant at low temperature. J. Taiwan Agric. Res. 72(3):255–265.

Previous studies have shown that growth regulators or some osmotic chemicals (such as salicylate) can be used in the osmotic treatment of seeds to increase the percentage and uniformity of germination and shorten the time required for germination, and even induce resistance to antibiotics and biotic stresses. This experiment was to use different concentrations of salicylic acid (SA) to osmotically treat the seeds of rootstock eggplant varieties 'A105' and 'A108', at 15℃ for future application. The results showed that the seed germination percentage (GP) of the control check (CK) of variety 'A105' reached 98.67%, and the value did not increase significantly after being treated with solutions of different concentrations of SA. The GP of CK seeds was only 74.67% for variety 'A108'. After osmosis treatment with different concentrations of SA, the GPs were greatly increased, but no significant difference was observed among different concentrations. The mean germination time (MGT) of the two varieties was significantly shortened after SA treatment, in which 'A105' was shortened from 8.78 d of CK to 5.72 d under the treatment of 0.01 mM concentration, and the MGT of 'A108' was shortened from 11.99 d of CK to 8.97 d under the treatment of 0.05 mM. showing difference between varieties. With or without the osmosis treatment, the seeds of the variety 'A105' quickly absorbed water after soaking until reaching the saturation point in 12 h. There is no significant difference between the osmosis treatments and CK in the first 72 h, and a second wave of rapid water absorption occurred after 72 h. Seeds of the variety 'A108' also reached the saturation point at 12 h; however, there was no difference between the osmotic adjustment treatments and CK. No second wave of rapid water absorption appeared until 120 h. The value of leakage electrical conductivity (EC) of CK seeds of 'A105' increased rapidly after soaking in water, but decreased significantly after SA treatment. For CK seeds of 'A108', EC value increased slowly after soaking in water, and then began to decrease after 6 h. The soluble protein of CK seeds in 'A105' increased significantly after water immersion for 1 d, and increased again at Day 3. In contrast, the protein content of SA-treated seeds slowly increased until the seventh day. Without SA treatment, the protein content in seeds of 'A108' began to increase on the 1st day after soaking, and did not increase until 7 d after immersion. In summary, osmosis treatment with SA solutions has a positive effect on the germination of the tested eggplant varieties, including increasing the GP, shortening the MGT, accelerating water absorption, reducing the value of leakage EC and increasing soluble protein of seeds. The varietal differences were found in these traits.

Key words: Osmotic treatment, Salicylic acid, Rootstock eggplant, Seed germination, Low temperature.

Received: February 13, 2023; Accepted: May 3, 2023.

[*] Corresponding author, e-mail: cky@mdu.edu.tw
[1] Project Assistant, Department of Smart and Quality Agriculture, MingDao University, Changhua County, Taiwan, ROC.
[2] Visiting Professor, Department of Smart and Quality Agriculture, MingDao University, Changhua County, Taiwan, ROC.
[3] Chair Professor, Department of Smart and Quality Agriculture, MingDao University, Changhua County, Taiwan, ROC.
[4] Director, Smart Farming Research Center, MingDao University, Changhua County, Taiwan, ROC.
[5] Professor, Department of Smart and Quality Agriculture, MingDao University, Changhua County, Taiwan, ROC.